

Real-time monitor method and device for coal quality of boiler in electric power station

Publication number: CN1369712

Publication date: 2002-09-18

Inventor: LIU FUGOU (CN); WANG XETONG (CN); HAO WEIDONG (CN)

Applicant: ZHONGSHI CO LTD SHANDONG (CN)

Classification:

- international: **F22B35/18; G01N35/00; F22B35/00; G01N35/00;**
(IPC1-7): G01N35/00; F22B35/18

- european:

Application number: CN20021010116 20020315

Priority number(s): CN20021010116 20020315

Also published as:



CN1164950C (C)

Report a data error here

Abstract of CN1369712

The present method relates to a real time monitoring method and device for the quality of coal entering into boiler in power station, which is actually through measuring operation parameters of steamturbine generator set to realize quality monitoring of the coal and is especially good for being used in those power station boilers with unit pulverized-coal system. The present invention picks up smoke gas composition of smoke exhaust and quality information of coal to be entered into boiler contained in operation parameters of pulverized-coal system, and uses boiler efficiency, boiler total quantity of absorption of heat and real monitoring value of coal quantity entered into boiler to calibrate the received base ash share and the content of dried ash-free base element to fulfil the element analysis of coal entered into boiler and on line monitoring of heating value for providing real time data of coal quality to the efficient monitoring so that the difficult problem of monitoring quality of coal entered into boiler has been solved.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01N 35/00

F22B 35/18

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02110116.7

[43] 公开日 2002 年 9 月 18 日

[11] 公开号 CN 1369712A

[22] 申请日 2002.3.15 [21] 申请号 02110116.7

[71] 申请人 山东中实股份有限公司

地址 250002 山东省济南市二环南路东端

[72] 发明人 刘福国 王学同 郝卫东

韩小岗 杨兴森

[74] 专利代理机构 济南信达专利事务所有限公司

代理人 王峻梅

权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图页数 1 页

[54] 发明名称 电站锅炉入炉煤质实时监测方法及装置

[57] 摘要

本发明涉及到一种电站锅炉入炉煤质实时监测方法及装置,通过测量汽轮发电机组的运行参数而间接实现入炉煤质实时监测的方法和装置,特别适用于配有直吹式制粉系统的电站锅炉。它提取排烟烟气成分和制粉系统运行参数中所包含的入炉煤质的信息,使用锅炉效率、锅炉总吸热量以及入炉煤量的实测值校正收到基灰份和干燥无灰基元素含量,完成了入炉煤的元素分析和发热量的在线监测,为效率监测提供实时煤质数据,解决了入炉煤质监测的难题。本发明已经在 300MW 的电站锅炉中应用成功。实践证明,收到基低位发热量的测量误差在 2% 以下,各种运行工况下,收到基灰份的校正计算稳定,收敛快,完全满足实时监测的速度要求。

ISSN 1008-4274

知识产权出版社出版

权利要求书

1、一种电站锅炉入炉煤质的实时监测方法，通过测量汽轮发电机组的运行参数而间接实现入炉煤质的实时监测，包括如下步骤：

- ① 测量制粉系统的运行参数，包括磨煤机的出力 m_m ；磨煤机入口风量 m_f 、磨煤机进口风温度 t_1 、磨煤机出口风温度 t_2 、环境温度 t_A 、磨煤机消耗的功率 W ，通过求解磨煤机的热平衡方程，得到入炉煤的收到基水份 M_{ar} ；
- ② 测量排烟烟气中氧气含量 O_2 、二氧化硫的含量 SO_2 、飞灰含碳量 C_{fh} 等参数；假定一个待校正的收到基灰份 A_{ar} 的初始值；通过求解煤燃烧化学方程和元素含量间相关关系的经验方程组成的方程组，得到干燥无灰基元素含量 C_{daf} 、 H_{daf} 、 O_{daf} 、 N_{daf} 、 S_{daf} 的中间值；
- ③ 利用干燥无灰基元素含量的中间值、收到基水份 M_{ar} 的测量结果以及收到基灰份值 A_{ar} ，得到收到基元素含量 C_{ar} 、 H_{ar} 、 O_{ar} 、 N_{ar} 、 S_{ar} 的中间值；并采用门捷也夫公式计算收到基低位发热量 $Q_{ar,net,p}$ 的中间值；
- ④ 利用收到基元素含量和收到基低位发热量的中间值，采用反平衡法测试锅炉效率 η 和每千克入炉煤带入锅炉的热量 Q_H ；
- ⑤ 测量进出锅炉的汽、水的压力、温度和流量等参数，计算锅炉总吸热量 Q_{gl} ；
- ⑥ 利用锅炉效率 η 、锅炉的总吸热量 Q_{gl} 以及每千克入炉煤带入锅炉的热量 Q_H ，根据锅炉本体的热平衡方程，得到入炉煤量的计算值 G_{rml} ；
- ⑦ 测量各个运行磨煤机的出力，对于配有直吹式制粉系统的电站锅炉，可以得到锅炉入炉煤量的实测值 G_{rml0} ；
- ⑧ 判断 $(G_{rml0} - G_{rml})$ 的绝对值是否小于给定的微小量 ε ，若小于则计算结束；若 $(G_{rml0} - G_{rml})$ 的绝对值大于 ε ，则对假定的收到基灰份初始值进行校正，并重新计算，直到相等为止；最新的收到基元素含量和收到

基低位发热量的中间值作为最终的监测数据。

- 2、按照权利要求 1 所述的电站锅炉入炉煤质实时监测方法，其特征是所述的磨煤机的热平衡方程是：

$$C_1 \frac{m_f}{m_m} t_1 + K_{lf} \frac{m_f}{m_m} C_{lk} t_A + K_{nm} \frac{W}{m_m} + \left(4.19 \frac{M_{ar}}{100} + \frac{100 - M_{ar}}{100} C_{rd} \right) t_A =$$

$$\frac{M_{ar} - 0.048 M_{ar} \frac{R_{90}}{t_2^{0.46}}}{100 - 0.048 M_{ar} \frac{R_{90}}{t_2^{0.46}}} (2491 + 1.884 t_2 - 4.19 t_A) + (1 + K_{lf}) \frac{m_f}{m_m} C_2 t_2 + \frac{Q_s}{m_m} \quad (1)$$

$$+ \frac{100 - M_{ar}}{100} \left(C_{rd} + 4.19 \frac{0.048 M_{ar} \frac{R_{90}}{t_2^{0.46}}}{100 - 0.048 M_{ar} \frac{R_{90}}{t_2^{0.46}}} \right) (t_2 - t_A)$$

上式中收到基水份 M_{ar} 作为未知的变量；磨煤机的出力 m_m 、磨煤机入口风量 m_f 、磨煤机进口风温度 t_1 、磨煤机出口风温度 t_2 、环境温度 t_A 、磨煤机消耗的功率 W 等作为待测的参数，磨煤机进口干燥剂的质量比热 C_1 、磨煤机出口干燥剂的质量比热 C_2 、冷空气的质量比热 C_{lk} 、煤的干燥无灰基质量比热 C_{rd} 、磨煤机的漏风系数 K_{lf} 、煤粉细度 R_{90} 、磨煤机的散热损失 Q_s 、磨煤机功率转化为热量的系数 K_{nm} 等作为常数。

- 3、按照权利要求 1 所述的电站锅炉入炉煤质实时监测方法，其特征是煤燃烧的化学方程是：

$$C_{daf} = 53.59 CO_2 (V_{RO2,daf} + V_{N2,daf} + V_{O2,daf}) + (1 - CO_2) \Gamma_{Cucr} \quad (2)$$

$$S_{daf} = 142.86 SO_2 (V_{RO2,daf} + V_{N2,daf} + V_{O2,daf}) \quad (3)$$

$$SO_2 + CO_2 = \frac{0.21 - O_2}{1 + \beta} \quad (4)$$

煤元素含量间相关关系的经验方程是：

$$H_{daf} = A_1 C_{daf} + B_1 \quad (5)$$

$$O_{daf} = A_2 C_{daf} + B_2 \quad (6)$$

$$N_{daf} = 100 - C_{daf} - H_{daf} - O_{daf} - S_{daf} \quad (7)$$

其中：

$$V_{RO2,daf} = 0.01866 (C_{daf} + 0.375 S_{daf}) - 0.01866 \Gamma_{Cucr}$$

$$V_{N_2,daf} = 0.008N_{daf} + (1-\phi)\alpha V_{gk,daf}$$

$$V_{O_2,daf} = \phi(\alpha-1)V_{gk,daf}$$

$$V_{gk,daf} = 0.0889(C_{daf} + 0.375S_{daf}) + 0.265H_{daf} - 0.0333O_{daf} - 0.0889\Gamma_{C_{ucr}}$$

$$\alpha = \frac{\phi(1-O_2)V_{gk,daf} + V_{RO_2,daf}O_2 + 0.008O_2N_{daf}}{(\phi-O_2)V_{gk,daf}}$$

$$\Gamma_{C_{ucr}} = A_{ar} \frac{100C_{ucr}}{(100-M_{ar}-A_{ar})(100-C_{ucr})}$$

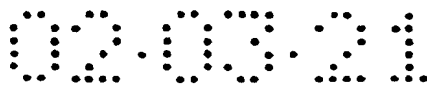
$$\beta = 2.35 \frac{H_{daf} - 0.126O_{daf} + 0.038N_{daf}}{C'_{daf} + 0.375S_{daf}}$$

$$C'_{daf} = C_{daf} - \Gamma_{C_{ucr}}$$

$$C_{ucr} = a_{fh}C_{fh} + a_{dz}C_{dz}$$

式(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)组成的方程组中, C_{daf} 、 H_{daf} 、 O_{daf} 、 N_{daf} 、 S_{daf} 、 CO_2 等六个变量作为未知数; 排烟烟气中氧气含量 O_2 、二氧化硫的含量 SO_2 、飞灰含碳量 C_{fh} 作为测量参数; 空气中氧的容积份额 ϕ 、飞灰份额 a_{fh} 、炉底渣份额 a_{dz} 、炉底渣含碳量 C_{dz} 以及系数 A_1 、 A_2 、 B_1 、 B_2 作为设定常数。

- 4、一种采用权利要求 1 所述的方法实现入炉煤质实时监测的装置, 包括:
- 一台网关计算机, 用于采集现场生产实时系统的数据;
 - 一台现场工作站计算机, 用于处理实时数据, 完成煤质监测, 并显示监测结果;
 - 一台服务器, 用于管理现场工作站计算机, 储存历史数据, 完成网络发布。



说明书

电站锅炉入炉煤质实时监测方法及装置

技术领域：本发明涉及到一种电站锅炉入炉煤质的实时监测方法及装置，特别是配有直吹式制粉系统的电站锅炉的入炉煤质实时监测方法及装置。

背景技术：长期以来，电站锅炉入炉煤元素含量和发热量的实时监测一直是一个难题，由此产生了诸多困难：现场运行人员不了解煤质的实时变化，无法及时采取应对措施以保证锅炉安全、经济运行；入炉煤质的实时测量也成为发电机组效率监测和能损诊断系统中急需解决的问题：目前，实时监测和诊断系统所需要的煤元素分析和收到基低位发热量的数据主要来自手工输入，或依靠单一成分测量得到的有限信息进行，无法实现多种元素含量的联合监测，因而影响了系统的实时性、监测和诊断的准确性。

中国专利 ZL96235976.9、ZL98232773.0、ZL99812020.0 分别公开了“煤炭灰分仪的快速监测装置”、“快速煤炭灰分仪的监测装置”、“X-射线荧光元素分析器”等技术，它们都使用一个或多个射线发生器辐射试样流，从而完成煤的一项或多项元素成分的监测。这种方法有一定的缺陷：各个射线发生器独立工作，只能完成有限数量的元素成分的监测，不能进行煤质的全面综合分析，难以得到更有价值的的数据，投资也较高。

发明内容：为克服现有技术的缺陷，本发明提供一种实时、全面的入炉煤质监测方法和装置，实现了电站锅炉入炉煤收到基碳 C_{ar} 、收到基氢 H_{ar} 、收到基氧 O_{ar} 、收到基氮 N_{ar} 、收到基硫 S_{ar} 、收到基灰份 A_{ar} 、收到基水份 M_{ar} 和收到基低位发热量 $Q_{ar,net,p}$ 的实时监测，原理如下：

通过测量制粉系统的运行参数实现收到基水份的监测。磨煤机是制粉系统的主要设备，原煤的磨制和干燥均在磨煤机内进行，进入磨煤机的热量包括：干燥剂的物理热、漏入冷空气的物理热、研磨部件产生的热量和原煤的物理热，流出磨煤机的热量包括：蒸发水份消耗的热量、加热燃料消耗的热量、干燥剂带出系统的热量和磨煤机的散热损失，根据能量守恒原理得到如下关于 M_{ar} 的方程：

$$\begin{aligned}
& C_1 \frac{m_f}{m_m} t_1 + K_y \frac{m_f}{m_m} C_{lk} t_A + K_{nm} \frac{W}{m_m} + \left(4.19 \frac{M_{ar}}{100} + \frac{100 - M_{ar}}{100} C_{rd} \right) t_A = \\
& \frac{M_{ar} - 0.048 M_{ar} \frac{R_{90}}{t_2^{0.46}}}{100 - 0.048 M_{ar} \frac{R_{90}}{t_2^{0.46}}} (2491 + 1.884 t_2 - 4.19 t_A) + (1 + K_y) \frac{m_f}{m_m} C_2 t_2 + \frac{Q_s}{m_m} \quad (1) \\
& + \frac{100 - M_{ar}}{100} \left(C_{rd} + 4.19 \frac{0.048 M_{ar} \frac{R_{90}}{t_2^{0.46}}}{100 - 0.048 M_{ar} \frac{R_{90}}{t_2^{0.46}}} \right) (t_2 - t_A)
\end{aligned}$$

从上式可以看出，只要测定制粉系统的下列运行参数：磨煤机的磨煤出力 m_m 、磨煤机入口风量 m_f 、磨煤机进口风温度 t_1 、磨煤机出口风温度 t_2 、环境温度 t_A 、磨煤机消耗的功率 W ，并将磨煤机进口干燥剂的质量比热 C_1 、磨煤机出口干燥剂的质量比热 C_2 、冷空气的质量比热 C_{lk} 、煤的干燥无灰基质量比热 C_{rd} 、磨煤机的漏风系数 K_y 、煤粉细度 R_{90} 、磨煤机的散热损失 Q_s 、磨煤机功率转化为热量的系数 K_{nm} 设为常数，收到基水份 M_{ar} 就能求出。

通过测量排烟烟气成分实现干燥无灰基元素含量的监测。干燥无灰基元素成分包括干燥无灰基碳 C_{daf} 、干燥无灰基氢 H_{daf} 、干燥无灰基氧 O_{daf} 、干燥无灰基氮 N_{daf} 、干燥无灰基硫 S_{daf} 。根据煤燃烧的化学计算，得到了排烟气体含量与干燥无灰基元素含量的关系：

$$C_{daf} = 53.59 CO_2 (V_{RO2,daf} + V_{N2,daf} + V_{O2,daf}) + (1 - CO_2) \Gamma_{Cucr} \quad (2)$$

$$S_{daf} = 142.86 SO_2 (V_{RO2,daf} + V_{N2,daf} + V_{O2,daf}) \quad (3)$$

$$SO_2 + CO_2 = \frac{0.21 - O_2}{1 + \beta} \quad (4)$$

干燥无灰基元素含量之间相关关系的经验方程如下：

$$H_{daf} = A_1 C_{daf} + B_1 \quad (5)$$

$$O_{daf} = A_2 C_{daf} + B_2 \quad (6)$$

$$N_{daf} = 100 - C_{daf} - H_{daf} - O_{daf} - S_{daf} \quad (7)$$

方程(2)、(3)、(4)中：

$$V_{RO2,daf} = 0.01866(C_{daf} + 0.375 S_{daf}) - 0.01866 \Gamma_{Cucr}$$

$$V_{N2,daf} = 0.008 N_{daf} + (1 - \phi) \alpha V_{gk,daf}$$

$$V_{O_2, daf} = \phi(\alpha - 1)V_{gk, daf}$$

$$V_{gk, daf} = 0.0889(C_{daf} + 0.375S_{daf}) + 0.265H_{daf} - 0.0333O_{daf} - 0.0889\Gamma_{Cucr}$$

$$\alpha = \frac{\phi(1 - O_2)V_{gk, daf} + V_{RO_2, daf}O_2 + 0.008O_2N_{daf}}{(\phi - O_2)V_{gk, daf}}$$

$$\Gamma_{Cucr} = A_{ar} \frac{100C_{ucr}}{(100 - M_{ar} - A_{ar})(100 - C_{ucr})}$$

$$\beta = 2.35 \frac{H_{daf} - 0.126O_{daf} + 0.038N_{daf}}{C'_{daf} + 0.375S_{daf}}$$

$$C'_{daf} = C_{daf} - \Gamma_{Cucr}$$

$$C_{ucr} = a_{fh}C_{fh} + a_{dz}C_{dz}$$

式中各符号的含义如下：

A_1 、 A_2 、 B_1 、 B_2 —系数， $A_1=-0.1675$ ， $A_2=-0.4044$ ， $B_1=18.8593$ ， $B_2=40.5141$ ；

ϕ —空气中氧气的容积份额；

a_{fh} 、 a_{dz} —飞灰和炉底渣的份额；

C_{fh} 、 C_{dz} —飞灰和炉底渣的含碳量，%；

CO_2 、 O_2 、 SO_2 —排烟烟气中的气体容积份额；

C_{daf} 、 H_{daf} 、 O_{daf} 、 N_{daf} 、 S_{daf} —煤的干燥无灰基元素成分，%；

$V_{CO_2, daf}$ 、 $V_{SO_2, daf}$ 、 $V_{N_2, daf}$ 、 $V_{O_2, daf}$ —以干燥基无灰基成分计算的各种气体量，

Nm^3/kg ；

$V_{gk, daf}$ —考虑未燃烬损失，以干燥基成分计算的理论空气量， Nm^3/kg ；

α —排烟过量空气系数；

C_{ucr} —灰、渣中的平均未燃烬碳含量，%；

Γ_{ucr} —未燃烬碳损失的修正量；

β —用干燥无灰基元素含量表示的燃料特性系数。

式(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)等六个方程组成方程组，其中的 C_{daf} 、 H_{daf} 、 O_{daf} 、 N_{daf} 、 S_{daf} 、 CO_2 等六个变量作为未知数；方程组中的收到基水分 M_{ar} 通过测量制粉系统运行参数进行计算，方程组中的收到基灰份 A_{ar} 是一个待校正的假定值，其校正方法将在下面给出；通过测量排烟烟气中氧气含量 O_2 、二氧化

硫的含量 SO_2 、飞灰含碳量 C_{fh} 等变量，将空气中氧的容积份额 ϕ 、飞灰份额 a_{fh} 、炉底渣份额 a_{dz} 、炉底渣含碳量 C_{dz} 、系数 A_1 、 A_2 、 B_1 、 B_2 等作为常数，就可以得到煤的干燥无灰基元素含量 C_{daf} 、 H_{daf} 、 O_{daf} 、 N_{daf} 、 S_{daf} 的中间值，利用收到基水份、干燥无灰基元素含量以及假设的收到基灰份；得到煤的收到基元素含量 C_{ar} 、 H_{ar} 、 O_{ar} 、 N_{ar} 、 S_{ar} 和收到基低位发热量 $Q_{ar,net,p}$ 的中间值。

收到基灰份的校正原理。利用收到基元素含量和收到基低位发热量的中间值计算锅炉效率；通过测量进出锅炉的汽、水的压力、温度、流量参数，得到锅炉的总吸热流量；测量锅炉的入炉煤量，它和锅炉效率、锅炉总吸热流量一起，用于修正收到基灰份和干燥无灰基元素含量，直到进、出锅炉的能量平衡时为止。

本发明解决技术问题采用的技术方案是通过对汽轮发电机组运行参数的测量而间接实现入炉煤质的实时监测，其步骤如下：

- ① 测量制粉系统的运行参数，包括磨煤机的磨煤出力 m_m ；磨煤机入口风量 m_f 、磨煤机进口风温度 t_1 、磨煤机出口风温度 t_2 、环境温度 t_A 、磨煤机消耗的功率 W ，求解磨煤机的热平衡方程(1)，得到入炉煤的收到基水份 M_{ar} ；
- ② 测量排烟烟气中氧气含量 O_2 、二氧化硫的含量 SO_2 、飞灰含碳量 C_{fh} 等参数；假定一个待校正的收到基灰份初始值；结合收到基水份的结果；通过求解燃烧化学方程和煤元素含量间相关关系的经验方程组成的方程组，即(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)组成的方程组，得到煤的干燥无灰基元素含量 C_{daf} 、 H_{daf} 、 O_{daf} 、 N_{daf} 、 S_{daf} 的中间值；
- ③ 利用干燥无灰基元素含量的中间值、收到基水份 M_{ar} 的测量结果以及收到基灰份值 A_{ar} ，得到收到基元素含量 C_{ar} 、 H_{ar} 、 O_{ar} 、 N_{ar} 、 S_{ar} 的中间值；并按照门捷也夫公式即式(8)得到收到基低位发热量 $Q_{ar,net,p}$ 的中间值：

$$Q_{ar,net,p} = 339C_{ar} + 1028H_{ar} - 109(O_{ar} - S_{ar}) - 25M_{ar} \quad (8)$$

- ④ 采用收到基元素含量和收到基低位发热量的中间值，采用反平衡法测试锅炉效率 η 和每千克入炉煤带入锅炉的热量 Q_H ；
- ⑤ 测量进出锅炉的汽、水的压力、温度和流量等参数，计算进、出锅炉

的工质的焓值，得到锅炉总吸热流量 Q_{gt} ；对于再热机组，通过测量抽汽系统的汽水参数，进行各级抽汽流量的计算，确定再热器的入口流量；

- ⑥ 由锅炉效率 $\eta(\%)$ 、每千克入炉煤带入锅炉的热量 $Q_H(\text{kJ/kg})$ 以及锅炉总吸热流量 $Q_{gt}(\text{MW})$ ，按(9)式得到入炉煤量的计算值 $G_{rml}(\text{t/h})$ ：

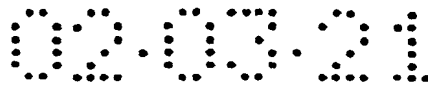
$$G_{rml} = \frac{100Q_{gt}}{\eta Q_H} \times 3600 \quad (9)$$

- ⑦ 测量所有运行磨煤机的出力，对于配有直吹式制粉系统的电站锅炉，所有运行磨煤机的出力之和作为入炉煤量的实测值 $G_{rml0}(\text{t/h})$ ；
- ⑧ 判断 $(G_{rml0} - G_{rml})$ 的绝对值是否小于给定的微小量 ε ，若小于则计算结束；若 $(G_{rml0} - G_{rml})$ 的绝对值大于 ε ，则对假定的收到基灰份初始值进行校正，并重新计算，直到相等为止；最新的收到基元素含量和收到基低位发热量的中间值作为最终的监测数据。

电站锅炉入炉煤质实时监测装置包括一台通讯网关计算机、一台现场工作站计算机、一台服务器；通过通讯网关计算机实现生产数据的实时采集，数据单向传输，保证机组的控制系统与该装置的有效隔离，同时还实现了各种离线数据的管理；按照本发明提供的电站锅炉入炉煤质实时监测方法，在现场工作站计算机中完成实时数据的二次处理，得到入炉煤收到基元素含量、收到基低位发热量的监测结果，并将结果在工作站上显示，提供给运行人员，用于运行监测和指导；把历史数据保存在服务器中，并通过服务器实现监测数据的网上浏览。

技术的优点及效果：该发明通过测量汽轮发电机组的运行参数而间接实现入炉煤质的实时监测，它从排烟气体成分中提取入炉煤干燥无灰基元素含量的信息，从制粉系统的运行参数中提取入炉煤水份的信息，并使用锅炉总吸热流量、入炉煤实测流量、锅炉效率校正收到基灰份，从而完成了入炉煤质的在线监测，给运行人员提供实时的入炉煤质的信息。该方法对收到基水份和灰份的监测非常准确，正是这两种成分决定了煤的典型的多变性。在提取排烟气体成分中隐含的干燥无灰基元素含量的信息时，只需测定烟气中的 O_2 、 SO_2 含量。

入炉煤元素含量与发热量实时监测的目的是为了计算锅炉效率，而这种监测本身又依赖于锅炉效率的计算，对于再热机组，还必须完成汽机抽汽系统和高压



缸排汽流量的计算,从而得到锅炉总吸热流量,它和入炉煤实测流量、锅炉效率一起,用于校正收到基灰份,直到进、出锅炉的能量达到平衡,元素含量和锅炉效率的循环套用计算才归于结束。因此,入炉煤元素含量与发热量的实时监测技术是一项整体化的技术,它为效率监测提供实时数据,同时,又依赖于效率监测的结果,它专门为效率监测系统设计,因此容易与机组效率监测系统配套,完成整台发电机组的性能监测和能损诊断;和元素含量的射线探测技术相比,该发明能够完成所有的成分含量以及收到基低位发热量的监测,无放射污染的危险,安全可靠。

300MW 燃煤发电机组的能损分析表明:当入炉煤低位发热量从 22326kJ/kg 降低到 19500kJ/kg 时,锅炉的排烟温度升高约 10℃,仅此一项,将使锅炉效率降低 0.56%,机组的供电煤耗升高 1.97g/kW.h,由此可见,忽略了入炉煤质,会给机组效率监测和能损诊断系统带来很大的影响;配有煤质实时监测系统后,效率监测和能损诊断系统和原来相比,能较为准确诊断出机组的能损状况,及时提醒电厂运行、管理人员在运行调整和燃料管理上加以改进,以降低机组煤耗。

最佳实施例:该发明最佳的实施方式是与机组性能监测系统相配套,完成入炉煤元素含量和收到基低位发热量的测量,同时实现发电机组的主要经济指标如锅炉效率的监测,按照这种实施方式,该发明已经在 300MW 的发电机组中应用成功。

该 300MW 机组配有一台型号为 SG-1025/18.3-M840 的亚临界、一次再热控制循环汽包炉,一台型号为 N300-16.7/538/538 的汽轮机和一台 QFSN-300-2 型发电机;锅炉采用直吹式制粉系统,配有五台 RP-923 型中速磨煤机和五台 9224 型电子重力式称重给煤机。

下面结合附图对本实施例作详细的说明。附图 1 是现场监测系统的构成。

附图 1 中(1)是机组的 DCS 控制系统,(2)是工程师站,(3)是网关计算机,(4)是现场工作站,(5)是服务器,(6)是客户机,它可以是网上任意一台计算机;入炉煤质实时监测系统的硬件包括一台网关计算机(3)、一台服务器(5)、一台现场工作站计算机(4),机组 DCS 中的实时数据和电能计量数据通过网关计算机(3),送到现场工作站(4),数据单向传输,保证机组的 DCS 控制系统与实时监测系统的有效隔离;同时还实现了各种离线数据的管理;在现场工作站(4)中完成实时数据和离线数据的二次处理,得到入炉煤收到基元素含量、收到基低位发热量、锅炉效

率等经济指标的监测数据, 提供给运行人员进行监控, 并通过服务器(5), 在客户机(6)进行网络发布, 提供给管理人员, 用于运行管理, 并将实时数据和历史数据保存在服务器(5)中。

入炉煤质的实时监测的详细步骤如下:

- ① 通过网关计算机(3)从机组控制系统 DCS 和电能计量系统中采集计算所需要的实时数据, 在机组负荷为 275MW 的某一运行工况下, 主要的实时数据如下:

5 台磨煤机 A、B、C、D、E 的出力分别为 $m_m = -0.02, 41.64, 41.74, 41.74, 0.05$ t/h;

5 台磨煤机 A、B、C、D、E 的入口风量 $m_f = 12.56, 83.08, 81.13, 76.68, 12.34$ t/h;

5 台磨煤机 A、B、C、D、E 的进口风温度 $t_1 = 28.21, 218.41, 218.74, 211.34, 32.95$ °C;

5 台磨煤机 A、B、C、D、E 的出口风温度 $t_2 = 23.92, 70.81, 77.03, 75.84, 28.92$ °C;

5 台磨煤机 A、B、C、D、E 的消耗的功率 $W = 0.94, 374.57, 475.95, 493.40, 0.27$ kW;

4 个环境温度分别为 $t_A = 1.27, 1.68, 0.86, 1.48$ °C;

6 个排烟烟气中氧气含量分别为 $O_2 = 5.50, 5.26, 4.87, 5.21, 5.49, 5.62$ %;

二氧化硫的含量分别为 $SO_2 = 980.23, 950.42$ ppm;

2 个飞灰含碳量 $C_{fh} = 2.04, 1.93$ %;

6 个排烟温度分别为 $138.37, 127.12, 115.03, 115.56, 125.88, 141.68$ °C;

3 个汽包压力分别为 $18.071, 19.971, 18.081$ MPa;

3 个给水流量分别为 $779.97, 791.20, 782.71$ t/h;

给水压力为 18.621 MPa;

3 个给水温度分别为 $271.265, 271.90, 270.63$ °C;

过热汽的减温水流量 27.68 t/h;

再热汽的减温水流量 74.11 t/h;

过热汽减温水压力 19.051 MPa;

过热汽减温水温度 $141.41\text{ }^{\circ}\text{C}$;

2 个再热汽减温水压力分别为 $3.37, 3.38\text{ MPa}$;

再热汽减温水温度 $139.92\text{ }^{\circ}\text{C}$;

主蒸汽压力为 17.001 MPa ;

2 个再热汽出口压力分别为 $3.271, 3.251\text{ MPa}$;

2 个主蒸汽温度分别为 $542.96, 543.26\text{ }^{\circ}\text{C}$;

4 个再热汽温度分别为 $540.84, 542.96, 541.3, 542.66\text{ }^{\circ}\text{C}$;

排污流量为 0.5 t/h ;

以及汽轮机的抽汽和疏水参数等。

- ② 利用下列数据：磨煤机的出力 m_m 、磨煤机入口风量 m_f 、磨煤机进口风温度 t_1 、磨煤机出口风温度 t_2 、环境温度 t_A 、磨煤机消耗的功率 W ，求解方程(1)，得到入炉煤的收到基水份 $M_{ar}=10.04\%$;
- ③ 假设收到基灰份 A_{ar} 的初始值 $A_{ar}=30\%$;
- ④ 通过烟气成分测量得到干燥无灰基元素含量：利用采集到的排烟烟气中氧气含量 O_2 、二氧化硫的含量 SO_2 、飞灰含碳量 C_{fh} 以及收到基水份 M_{ar} 、收到基灰份 A_{ar} 的最新校正结果(第一次计算用初始值 $A_{ar}=30\%$)，求解(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)组成的方程组，得到干燥无灰基碳 C_{daf} 、干燥无灰基氢 H_{daf} 、干燥无灰基氧 O_{daf} 、干燥无灰基氮 N_{daf} 、干燥无灰基硫 S_{daf} ;
- ⑤ 利用收到基水份 $M_{ar}=10.04\%$ 、干燥无灰基含量 C_{daf} 、 H_{daf} 、 O_{daf} 、 N_{daf} 、 S_{daf} 的结果以及收到基灰份 A_{ar} 的最新校正结果，计算收到基元素含量，并按照式(8)计算收到基低位发热量;
- ⑥ 利用收到基元素分析和收到基低位发热量的计算结果，采用反平衡法计算锅炉效率 $\eta(\%)$ ，计算每千克入炉煤带入锅炉的热量 Q_H (kJ/kg);
- ⑦ 通过汽轮机抽汽系统的计算得到高压缸排汽流量，它和给水、主汽、再热汽、减温水的压力、温度、流量等参数一起，用于计算进、出锅炉工质的焓值，并进一步得到锅炉总吸热流量 $Q_{gl}=724.02\text{ MW}$;
- ⑧ 利用锅炉效率 $\eta(\%)$ 、每千克入炉煤带入锅炉的热量 Q_H (kJ/kg) 以及锅炉

总吸热流量 Q_{gt} (MW), 按照式(9)得到锅炉入炉煤流量的计算值 G_{rml} ;

⑨ 由运行磨煤机的出力得到入炉煤量的实测值 $G_{rml0}=125.15$ t/h;

⑩ 判断 $(G_{rml0} - G_{rml})$ 的绝对值是否小于给定的微小量 $\varepsilon=0.5$ t/h, 若小于则计算结束; 若 $(G_{rml0} - G_{rml})$ 的绝对值大于 ε , 则对收到基灰份 A_{ar} 作如下校正: $A_{ar} = A_{ar} + \zeta(G_{rml0} - G_{rml})$, $\zeta=0.2$; 并用收到基灰份 A_{ar} 的校正结果重复步骤⑤—⑩; 校正计算结束前的收到基元素含量和收到基低位发热量作为最终的测量数据。

按照上述步骤, 在现场工作站计算机(4)中完成实时数据和离线数据的二次处理, 最终得的到入炉煤收到基元素含量和收到基低位发热量如下: 收到基碳 $C_{ar}=58.33\%$ 、收到基氢 $H_{ar}=3.27\%$ 、收到基氧 $O_{ar}=5.46\%$ 、收到基氮 $N_{ar}=0.82\%$ 、收到基硫 $S_{ar}=1.27\%$ 、收到基灰份 $A_{ar}=20.82\%$ 、收到基水份 $M_{ar}=10.04\%$ 、收到基低位发热量为 22427.43 kJ/kg; 得到的锅炉效率 $\eta=91.95\%$, 入炉煤流量的计算值 $G_{rml}=125.58$ t/h; 在计算机(4)进行显示, 提供给运行人员, 用于运行监测指导, 并将实时数据和历史数据保存到服务器(5)中, 在客户机(6)上进行网络发布。

ε 、 ζ 分别为灰份校正的收敛因子和步长因子, 合理选择 ζ 和 ε , 能加快程序的运算速度, 获得收到基灰份稳定的解。

实践表明, 在机组的各种运行工况下, 收到基灰份的校正计算稳定, 收敛快, 完全满足实时监测的速度要求, 煤质测量准确, 现场试验表明, 入炉煤收到基低位发热量的测量误差在 2% 以下。

说明书附图

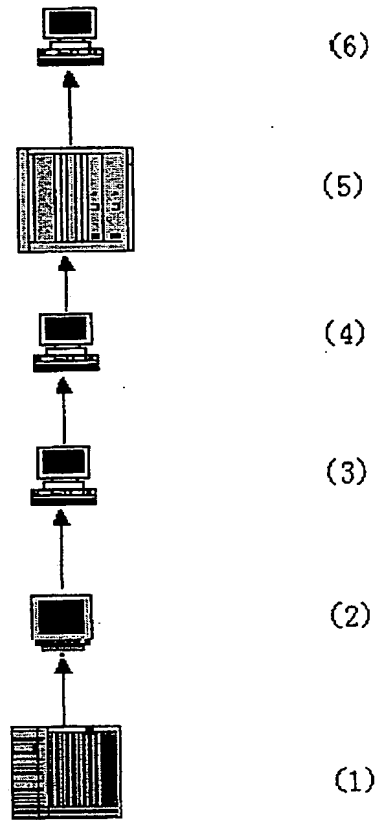


图 1